

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ
Кафедра Моделирования Социально - Экономических Систем

Гальцов Михаил Александрович

Отчет по научно-исследовательской работе магистранта

Анализ торговых алгоритмов на платформе QUIK

Направление 010402

Прикладная математика и информатика

Магистерская программа Теория Игр и Исследование Операций

Научный руководитель,
доктор физ.-мат. наук,
профессор Малафеев О.А.

Рецензент,
доктор физ.-мат. наук,
профессор Пичугин Ю.А.

Санкт-Петербург

2020

Содержание

Введение.....	3
Обзор литературы	5
Глава 1. Построение торговых алгоритмов.....	7
1.1. Обзор технических индикаторов представленных на торговой платформе QUIK	8
1.2. Составление выборок технических индикаторов используемых в алгоритмах на основе их согласования между собой и способа интерпретации	10
1.3. Описание последовательности действий и вычислений торгового алгоритма на основе дискретной производной.....	13
Глава 2. Реализация и сравнение результатов торговых алгоритмов.....	15
2.1. Выбор параметров для технических индикаторов задействованных в торговых алгоритмах	15
2.2. Анализ и оценка работы на основе примеров работы с использованием реальных данных на торговой платформе QUIK.....	16
2.3. Модификации торговых алгоритмов для учёта эффектов вызванных торговлей на онлайн платформе и различных случаев поведения изменения стоимости ценных бумаг.....	19
Заключение	22
Список литературы	23
Приложение	24

Введение

Электронная торговая платформа — это программный комплекс, обеспечивающий доступ к биржевым торгам, совершение сделок с ценными бумагами (покупка/продажа) по сети. QUIK (Quickly Updatable Information Kit - Быстро Обновляемая Информационная Панель) является наиболее популярной торговой платформой в России и на Украине для доступа на национальные биржи. Ценная бумага является финансовым документом, удостоверяющим право владения, а также определяющим взаимоотношения между лицом, выпустившим этот документ, и его владельцем.

Прогнозирование изменения рыночных цен может осуществляться по средствам фундаментального анализа, основанного на производственных и финансовых показателях, или технического анализа, исследующего графики, составленные по трём основным показателям: цена, объём, время. Фундаментальный анализ требует работы эксперта по описанию и интерпретации экономических факторов способных повлиять на стоимость ценной бумаги. В то же время графики, отражающие полную и актуальную информацию, могут быть интерпретированы более простыми способами. Не смотря на критику сторонников классического фундаментального анализа, ссылающуюся, на то, что технический анализ не рассматривает причины изменения цен, он успешно применяется для обнаружения точек перелома. Точка перелома – момент разворота тенденции изменения цен, или выхода из состояния в котором явной тенденции не наблюдалось. Технический анализ развивался в течение всего XX века, но стал особенно актуальным после появления интернет-трейдинга, позволяющего получать графики по данным в режиме реального времени. Способы анализа и интерпретации продолжают исследоваться и улучшаться, и сравнительный анализ эффективности методов является важной и актуальной областью в современной биржевой торговле.

Для эффективной и непрерывной работы на электронной торговой площадке применяются торговые алгоритмы. Торговый алгоритм является чётким планом действий на электронной торговой площадке включающий поведенческую модель, расписание операций, учёт текущего времени относительно старта и финиша торгов. Для торговых алгоритмов предусмотрена автоматизация, что позволит мгновенно выполнять покупку и продажу ценных бумаг, при выполнении условий описанных в поведенческой модели.

В данной работе проводится анализ множества торговых алгоритмов A . Элементом этого множества является торговый алгоритм $a(I, C_s, C_p)$ где I – множество индикаторов, поведение которых учитывается в данном торговом алгоритме. Индикаторы – это инструменты, которые производят определенные расчеты по заданным формулам на основании показателей графика цены, а затем автоматически выдают результат. Чаще всего индикаторы выглядят как

графические построения (линии, гистограммы и т. д.), которые наносятся на график в автоматическом режиме. C_s – набор условий поведения индикаторов множества I при которых совершается продажа, C_p – набор условий поведения индикаторов множества I при которых совершается покупка.

Для каждого исследуемого алгоритма $a_i(I, C_s, C_p)$ вычисляется средняя прибыль за различные временные отрезки. По окончании установленного времени работы алгоритма T . На основе этих данных определяются наиболее эффективные торговые алгоритмы.

В алгоритмической торговле, биржевой торговле осуществляемой при помощи торговых алгоритмов, существует очевидная взаимосвязь между качеством и количеством данных, доступных для анализа, и успехом торгового алгоритма. По этой причине мы будем использовать демо-счет QUIK. Таким образом, мы получаем доступ к большому набору реальных данных для экспериментов, без реальных инвестиций.

Мы получаем текущие и исторические данные по заданному набору инструментов на основе японских свечей для 1-минутного интервала. Японские свечи – вид интервального графика популярного в техническом анализе, он состоит из «свеч» соответствующих временным интервалом заданной величины. Свеча имеет следующие характеристики: дата, время, цена открытия, максимальная цена, наименьшая цена, цена закрытия, объем совершаемых сделок. Исторические данные – данные о ценах за предшествующие периоды времени.

В электронной торговой платформе QUIK поддерживаются встроенные сценарные языки программирования QPILE (QUIK Programmable Interface and Logic Environment – программируемый интерфейс и логическая среда QUIK) и Lua. Сценарный язык программирования позволяет разработать сценарий (скрипт) выполняемый системой. Сценарием является программа, работающая с готовыми программными компонентами, в нашем случае с торговой платформой QUIK. Поддержка разработчиками языка QPILE прекращена, однако QUIK продолжает интерпретировать скрипты, написанные на нём, в связи с тем, что существует большое количество работающих на нём алгоритмов. Но всё же, в связи с большей актуальностью, простотой работы и развитостью языка для реализации торговых алгоритмов, в данной работе будет использоваться сценарный язык программирования Lua.

Обзор литературы

Подробно о торговой платформе QUIK, её реализации и предоставляемом функционале, возможно, узнать на официальном сайте [1].

В книге [2] описаны основы технического анализа, прогнозирование цен по графикам, обоснование и способы использования индикаторов, методы интерпретации технических средств, обзор рынков. Рынком ценных бумаг называется экономические отношения по поводу обращения ценных бумаг между участниками рынка, а также выпуску ценных бумаг.

В статье [3] алгоритмическую торговлю рассматривают как систему с пятью этапами:

- Получение доступа к финансовым, экономическим, социальным данным.
- Анализ рынка до совершения сделки - свойства, поведение, прогнозы ценных бумаг.
- Подача сигнала к совершению сделки на основе предварительного анализа того, какую ценную бумагу и когда нам нужно покупать или продавать.
- Оформление сделок по выбранным ценным бумагам.
- Анализ результатов после торговой активности, подсчет разницы между ценой при покупке и ценой при продаже, учёт комиссии, анализ принятых решений алгоритма.

Предварительный анализ торговли проводится с помощью индикаторов, которые используют исторические данные.

На официальном сайте БКС банка [4] предоставляющего демо-счёт, содержится информация о встроенных в платформу QUIK индикаторах, с их кратким описанием.

В статье [5] на основе информации, полученной от группы индикаторов и обучающей выборки, строятся модели, использующие различные методы машинного обучения. Машинное обучение это класс методов искусственного интеллекта, где для решения задач, прогнозирования, принятия решения используют анализ исторических данных. В качестве входных данных берутся данные от восьми самых популярных технических индикаторов. Исследование проводилось для бесплатных транзакций и для транзакций со стоимостью приближенной рыночной. Установлен период 15 минут и для него проведены тесты на реальных данных в течение трёх месяцев. При отсутствии платы за

транзакции все модели показали положительные результаты, однако даже самая эффективная модель, оказалась не способна получить стабильную прибыль. Одним из итогов статьи является то, что, комбинации индикаторов дают более точные сигналы, чем отдельные индикаторы.

Глава 1. Построение торговых алгоритмов

Основной целью алгоритма является отслеживание колебаний стоимости ценной бумаги и автоматическое определение точек входа (покупка) и выхода (продажа). При этом важно учесть комиссию торговой платформы. Обычно комиссия взимается при совершении сделки, и её размер зависит от размера суммы, на которую производится сделка. Кроме того, часто практикуется ежемесячная плата за участие в торгах, размер её фиксирован и, при достаточно большой сумме оборота, незначителен. Отслеживание колебаний будет происходить на основе обработки данных от трёх технических индикаторов. Это число соответствует количеству основных показателей графика цены. Таким образом, три технических индикатора способны предоставить достаточную для принятия решения информацию.

Важно чтобы индикаторы сообщали не только об изменении стоимости, но и о вероятности сохранения появившейся тенденции на минимальный, для получения прибыли, период времени. Таким образом, для этого могут быть использованы индикаторы, сообщающие о тенденции изменения цены и степени вовлеченности участников биржи в торговле на выбранном рынке.

Изменение индикатора определяется с помощью метода дискретной производной по следующей формуле:

$$v_i = \frac{value_n - value_1}{n}, i = 1, \dots, m$$

m — количество индикаторов

n — количество значений индикатора, по которым определяется его поведение.

Значение индикатора определяется по соответствующей свече графика ценной бумаги, таким образом, $value_j$ будем брать как равное среднему значению минимального и максимального показателя для j — й свечи.

Будем считать, что индикатор i растёт, если соответствующее ему $v_i > 0$, и убывает при $v_i < 0$.

Устанавливается количество индикаторов l , при согласованности которых, будет совершаться сделка. Если же количество индикаторов определённых одним знаком меньше l стоимость ценной бумага будет считаться «колеблющейся» и сделка не производится.

Для анализа результатов мы получаем размер прибыли за определённый период и информацию по ценным бумагам и техническим индикаторам, когда происходила продажа или покупка.

1.1. Обзор технических индикаторов представленных на торговой платформе QUIK

С момента появления технического анализа были созданы сотни индикаторов. Мы выделим 3 основные вида: индикаторы тренда, осцилляторы и индикаторы объёма.

Индикаторы тренда. Тренд – направление, в котором изменяются цены, он может быть восходящим и нисходящим. Трендовые индикаторы способны определить направление изменение цен и силу тенденции. Однако они работают с запаздыванием, а также при отсутствии на рынке ярко выраженного тренда могут подавать ложные сигналы. Часто индикаторы этой группы строятся на основе скользящей средней. Скользящая средняя является функцией используемой для сглаживания значений графика и вычисляется по следующей формуле:

$$MA = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n},$$

A_i – среднее значение в i – й период времени

n – количество периодов

Осцилляторы способны отслеживать колебания в боковике – периоде, в котором отсутствует определённый тренд, а также используются для определения продолжения тренда. Для обнаружения локальных минимумов и максимумов оценивается перекупленность или перепроданность ценной бумаги в данный момент. Перекупленность возникает в том случае, когда потенциальных покупателей не остаётся и активными участниками в подавляющем большинстве являются продавцы, такая ситуация сигнализирует о скором падении цены. Перепроданность, соответственно, характеризуют обратную ситуацию, и сигнализирует о вероятном росте цены в будущем.

Индикаторы объёма. Количество свершенных сделок за определённый период времени отражает интерес трейдеров в торговле на данном рынке ценных бумаг. Индикаторы объёма редко используются самостоятельно, однако увеличение количества совершённых сделок, как по купле, так и продаже, может подтвердить наличие переломной точки ведущей к смене тренда на графике.

Часто трейдерами используются сложные комплексные индикаторы, такие как индикатор Ишимоку, линии Боллинджера, Аллигатор, и другие [7], способные выявить классические предпосылки переломных точек, уровни поддержки и сопротивления. Уровень поддержки используется как нижняя граница цен при восходящем тренде, если график цен падает ниже этого уровня, это свидетельствует о возможной смене тенденции. Аналогично

работает уровень сопротивления для нисходящего тренда. Такие технические индикаторы содержат несколько линий на графике, по относительному расположению друг друга и линии стоимости ценной бумаги эксперт трактует поведение цены и делает прогноз. Однако они плохо пригодны для автоматического анализа методом дискретной производной, рост или падение отдельных линий и даже их среднего значения зачастую не показателен и использовать данные индикаторы, в алгоритмах предложенного типа, не имеет смысла.

Список индикаторов предоставляемых платформой QUIK:

1. Трендовые индикаторы

- ADX(Average Directional Movement Index)
- Alligator
- AMA (Adaptive Moving Average)
- Ichimoku
- MA(Moving Average)
- Fractals (by Bill Williams)
- Bollinger Bands (Полосы Боллинджера)
- Envelopes (Конверты)
- Parabolic SAR (Parabolic Stop and Reverse, Параболическая Система SAR)
- Price Channel (Ценовой канал)

2. Осцилляторы

- Bears/Bulls power (Индикатор силы Медведей/Быков)
- TRIX (Triple Exponential Moving Average, Тройная экспоненциально сглаженная скользящая средняя)
- Williams' A/D (Williams' Accumulation/Distribution, Индикатор Накопления/Распределения Вильямса)
- Relative Vigor Index (RVI, Индекс относительной бодрости)
- Williams' % Range (Williams' %R, Процентный диапазон Вильямса)
- AC (Acceleration/Deceleration, индикатор Ускорения/Замедления)
- AO (Awesome Oscillator, Чудесный осциллятор)
- CMO (Chande Momentum Oscillator, Осциллятор скорости рынка Чанде)
- MACD (Moving Average Convergence/Divergence, индикатор Схождения/Расхождения Скользящих Средних)
- Momentum (Индикатор скорости рынка)
- Price Oscillator (Ценовой осциллятор)
- Rate of Change (ROC, Темп изменения цены)
- Relative Strength Index (RSI, Индекс относительной силы)
- Stochastic Oscillator (Стохастический осциллятор)

3. Индикаторы объёма

- A/D (Accumulation/Distribution)
- Chaikin Oscillator
- BW MFI (Bill Williams' Market Facilitation Index)
- Elders Force Index
- MFI (Money Flow index)
- On Balance Volume
- Volume Oscillator
- ATR (Average True Range)
- CCI (Commodity Channel Index)
- Chaikin's Volatility
- Vertical Horizontal Filter

В то время, как трендовые индикаторы могут быть использованы отдельно, осцилляторы и индикаторы объёма скорее имеют вспомогательное значение. Однако для подтверждения наличия нового тренда, темп торговли и интерес покупателей, интерпретируемый во вспомогательных индикаторах, играет важную роль. Таким образом, для составления алгоритмов мы будем подбирать индикаторы тренда, а затем, наиболее эффективно дополняющие их, вспомогательные индикаторы.

1.2. Составление выборок технических индикаторов используемых в алгоритмах на основе их согласования между собой и способа интерпретации

Исключив комплексные индикаторы тренда, которые плохо интерпретируются дискретной производной, мы получим следующий список, наиболее подходящих для предложенного метода, претендентов, что могут быть использованы в алгоритме:

- AMA
- SAR
- MA

Для осцилляторов имеем следующий список:

- RSI
- TRIX
- Williams' A/D
- AC
- AO

Индикаторы объёма:

- A/D

- Chaikin Oscillator
- BW MFI
- Elders Force Index
- On Balance Value
- Volume oscillator

Первая выборка будет составляться на основе наиболее простых и надёжных индикаторов.

Адаптивная скользящая средняя является – индикатор, построенный на основе классической скользящей средней с улучшением, позволяющим более эффективно использовать скользящую среднюю в период слабого тренда благодаря «коэффициенту эффективности». Данный индикатор вычисляется следующим образом:

$$\text{Коэффициент эффективности: } ER = \frac{|(P_i - P_{i-n})|}{\sum_{i=1}^n |P_i - P_{i-1}|}$$

Где P – цена при закрытии, N – количество периодов, P_{i-n} цена n периодов назад.

Fast smoothing Constant(Fast) = $\frac{2}{p-1}$, где p – «быстрая» константа усреднённого периода.

Slow smoothing Constant(Slow) = $\frac{2}{q-1}$, где q – «медленная» константа усреднённого периода.

$$SSC = ER * (Fast - Slow) + Slow,$$

$$AMA = AMA_{i-1} + SSC^2 * (P_i - AMA_{i-1}) \quad (1)$$

В качестве осциллятора мы выберем популярный, и часто используемый вместе с адаптивной скользящей средней, индикатор относительной силы (RSI). Этот осциллятор просто интерпретируем, при этом показывает хорошее соотношение риск-качество. RSI способен выявлять перекупленность и перепроданность, что позволяет определить точку перелома, как в период отсутствия явной тенденций движения цен, так и во время уже существующего тренда. Вычисляется данный индикатор на основе двух экспоненциальных скользящих средних:

$$EMA_t(p, n) = \frac{1}{n} * p_t + \left(1 - \frac{1}{n}\right) * EMA_{t-1}, n - \text{период}, EMA_0(p, n) = \frac{p_0}{n}$$

$$RS = \frac{EMA(\text{восходящее изменение } n)}{EMA(\text{нисходящее изменение } n)},$$

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS} \quad (2)$$

Для обработки информации об объёме совершаемых сделок, а также разбросе цен, также говорящем о нестабильности рынка, и, следовательно, вероятности переломной точки, будет использован классический индикатор балансного объёма (OBV):

$$OBV_n = OBV_{n-1} + \begin{cases} volume_n, & \text{if } close_n > close_{n-1} \\ 0, & \text{if } close_n = close_{n-1} \\ -volume_n, & \text{if } close_n < close_{n-1} \end{cases} \quad (3)$$

$$OBV_0 = volume_0$$

Таким образом первая выборка состоит из индикаторов

- AMA
- RSI
- OBV

Вторая выборка, соответственно, будет содержать индикатор параболический SAR(Stop and reverse – остановиться и развернуться). Этот индикатор представляет собою линию поддержки для нисходящего тренда и линию сопротивления для восходящего, то есть линию, которую цены, следуя тенденции, с большой вероятностью не пересекут. Вычисляется индикатор следующим образом:

$$SAR_{n+1} = SAR_n + a * \begin{cases} high - SAR_n, & \text{для восходящего тренда} \\ low - SAR_n, & \text{для нисходящего тренда} \end{cases} \quad (4)$$

Направление тренда считается изменившимся, когда цена пересекает линию образованную SAR.

$$SAR_0 = price_0,$$

a – фактор ускорения, меняющийся коэффициент, равняется определённому заранее шагу l в переломной точке, когда цена достигнет нового предельного значения, максимума для восходящего тренда и минимума для нисходящего, фактора увеличивается на шаг l . При достижении фактором своего максимального значения m , его рост приостанавливается.

Parabolic SAR интерпретируется сложнее чем скользящая средняя, однако, подаёт меньшее количество ложных сигналов. Этот результат достигается, благодаря фактору ускорения и заложенному в нём определённому условию перелома тренда.

Чтобы компенсировать дискретность сигналов индикатора SAR в качестве осциллятора мы используем индикатор, построенный на основе тройной экспоненциальной скользящей средней, сглаживающий скачки цен,

TRIX:

$$TRIX_t = \frac{TMA_t - TMA_{t-1}}{TMA_{t-1}} * 100 \quad (5)$$

TMA - тройная экспоненциальная скользящая средняя,

$$TMA = EMA(EMA(EMA))$$

Третьим индикатором, для оценки изменения объёма будет осциллятор объёма. Индикатор позволяет отследить направление доминирующей тенденции изменения объёма.

$$VO = EMA(volume, s) - EMA(volume, l), s < l \quad (6)$$

s – период «быстрой» скользящей средней, l – период «медленной» скользящей средней.

Когда быстрая скользящая больше медленной, индикатор показывает тенденцию к увеличению объёма, отрицательное значение, говорит о том что объём снизился.

Вторая выборка:

- Parabolic SAR
- TRIX
- Volume oscillator

1.3. Описание последовательности действий и вычислений торгового алгоритма на основе дискретной производной

Каждую итерацию, исполнения всех шагов алгоритма, на входе алгоритм получает информацию по трём ценным бумагам, за определённый период: цена, объём, данные по выбранным индикаторам, с заданными параметрами. Далее совершается последовательность шагов:

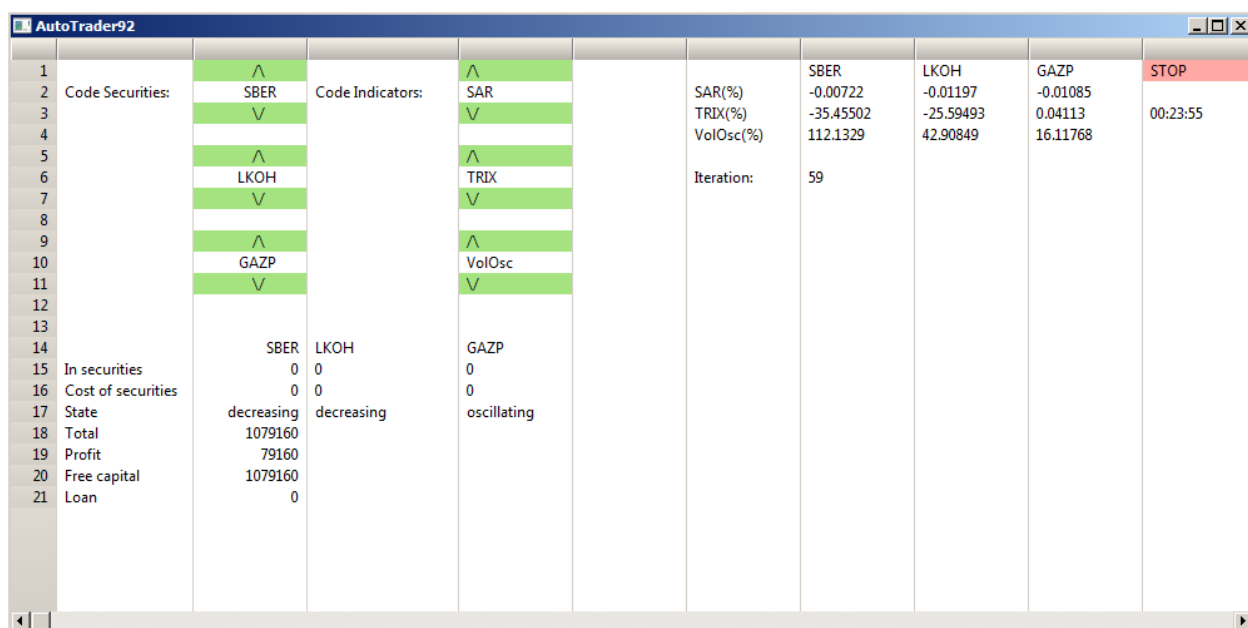
1. Для каждой ценной бумаги вычисляется дискретная производная по каждому индикатору для заданного отрезка времени.
2. Вычисляется максимальное количество согласованных индикаторов (за исключением индикатора объёма), для которых знак дискретной производной совпадает. Индикаторы считаются согласованными, если их дискретные производные имеют один знак.
3. Определяется сигнал индикатора объёма, если дискретная производная положительна, то количество согласованных индикаторов увеличивается на один. Таким образом, увеличение объёма транзакций является сигналом для совершения сделки, как по продаже, так и по покупке ценной бумаге. Соответственно, уменьшение объёма говорит о

- неуверенности трейдеров, и индикатор сигнализирует о высокой вероятности ошибки, следовательно, сделку осуществлять не следует.
4. Количество согласованных индикаторов сравнивается с заданным критическим значением, при котором принимается решение о покупке или продаже ценной бумаги.
 5. Определяется объём покупки или продажи. При первом сигнале количество ценных бумаг определяется соответствующим нулевым значением. При сохранении сигнала, на каждой итерации объём увеличивается на заданный шаг. Объём ограничен количеством располагаемых средств.
 6. Выставляется заявка на совершение соответствующей сделки, для каждой из инструментов. Если количество согласованных индикаторов не превысило критического значения, то заявка не выставляется.

Глава 2. Реализация и сравнение результатов торговых алгоритмов

Для получения практических результатов описанных торговых алгоритмов разработано приложение на скриптовом языке Lua. Приложение работает параллельно с торговой платформой QUIK и имеет минимальную задержку при получении данных. Итерация и соответственно принятие решения совершается за незначительное для результатов торговли время.

Параметры индикаторов, периоды и параметры задаются внутри программы. Интерфейс разработанного приложения позволяет выбирать исследуемые ценные бумаги и индикаторы, получать информацию о ходе работы алгоритма.



1		^		^						
2	Code Securities:	SBER	Code Indicators:	SAR	SAR(%)	SBER	LKOH	GAZP	STOP	
3		∇		∇	TRIX(%)	-0.00722	-0.01197	-0.01085		
4					VolOsc(%)	-35.45502	-25.59493	0.04113	00:23:55	
5		^		^		112.1329	42.90849	16.11768		
6		LKOH		TRIX	Iteration:	59				
7		∇		∇						
8										
9		^		^						
10		GAZP		VolOsc						
11		∇		∇						
12										
13										
14		SBER	LKOH	GAZP						
15	In securities	0	0	0						
16	Cost of securities	0	0	0						
17	State	decreasing	decreasing	oscillating						
18	Total	1079160								
19	Profit	79160								
20	Free capital	1079160								
21	Loan	0								

Рис.2.1 Интерфейс приложения

2.1. Выбор параметров для технических индикаторов задействованных в торговых алгоритмах

Выбраны ценные бумаги с наибольшим объёмом сделок: Газпром, Лукойл, Сбербанк. Этот выбор обусловлен гарантированной ликвидностью ценных бумаг, что обеспечит стабильную работу алгоритма.

Данные графиков рассчитаны, берутся для временного интервала свеча в 1 минуту. Для индикаторов установлены стандартные параметры, при которых индикаторы наиболее эффективны в среднем:

- SAR

Шаг фактора ускорения $l = 0.02$, максимум фактора ускорения $m = 0.2$.

- **TRIX**
Количество периодов равняется 9.
- **Volume Oscillator**
Короткий период $s = 5$, длинный период $l = 10$.
- **AMA**
Количество периодов равняется 10.
«Быстрая» константа усреднённого периода $p=2$.
«Медленная» константа усреднённого периода $q=30$.
- **RSI**
Количество периодов равняется 14.

Начальное количество средств – 1000000 рублей. Размер возможного кредита приравнивается к количеству «свободных», не занятых в сделке, денег. Комиссия установлена в 0.015% на сделку, что соответствует предоставляемыми на реальном рынке тарифам для трейдеров со средствами более миллиона.

2.2. Анализ и оценка работы на основе примеров работы с использованием реальных данных на торговой платформе QUIK

Для тестирования приложения, была произведена настройка демо-аккаунта QUIK и подключение к нему скриптов разных версий приложения. Эксперименты проводились для различных временных периодов. Были использованы алгоритмы с учётом комиссии и без, алгоритмы с принятием решения для случаев когда все индикаторы согласуются и когда 2 из 3 индикаторов согласованы.

Алгоритмы протестированы на данных за 4 месяца: январь-апрель 2020 года.

В силу различий индикаторов AMA и SAR, первый алгоритм подаёт больше сигналов о обнаружении вероятной переломной точки. В среднем первый алгоритм принимает решение о совершении сделки в 4 раза чаще. Однако это приводит к ошибкам и прибыль первого алгоритма в среднем на 20% уступает второму алгоритму. Наличие комиссии также негативно считается с большим количеством сделок увеличивая разрыв в прибыли.

При стоимости транзакции 0.15% от суммы сделки, алгоритмы не смогли показать стабильной прибыли. Второй алгоритм в среднем совершает меньше ошибок по выявлению переломных точек, но при этом работает с большим запаздыванием и пропускает часть значимых моментов для совершения сделки.

Ниже представлены суточные графики.

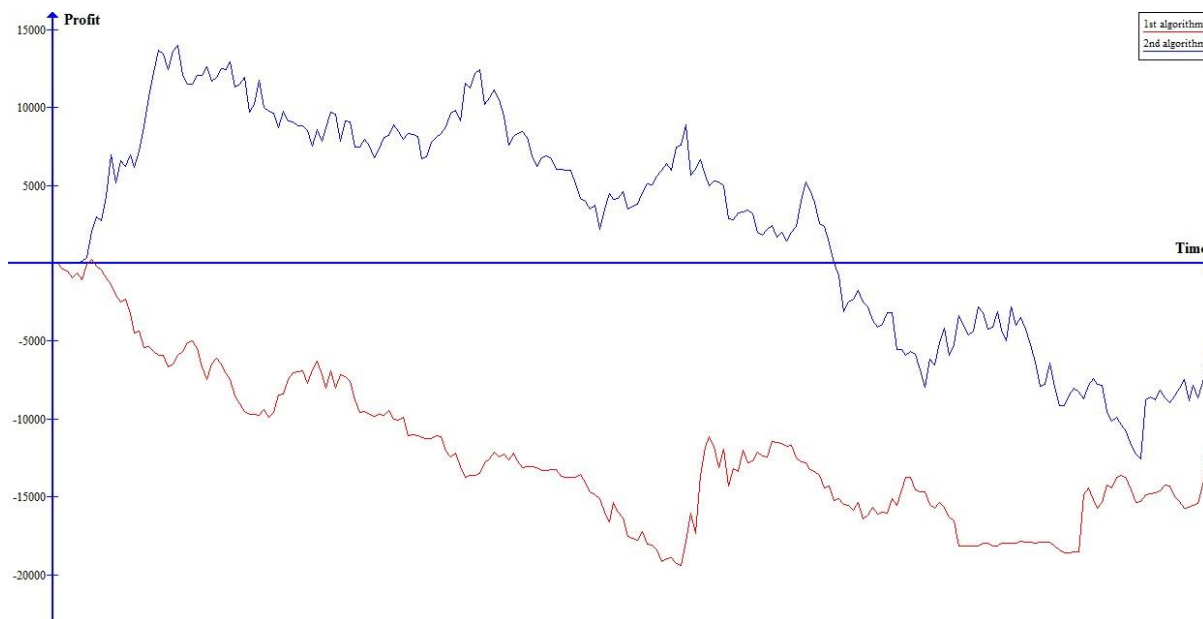


Рис.2.2 Алгоритмы с комиссией

При нулевой стоимости транзакции, результаты алгоритмов показывают значительно меньший разрыв. Второй алгоритм показывает в среднем прибыль в 0.1%, первый алгоритм убыточен, -0.5% в сутки.

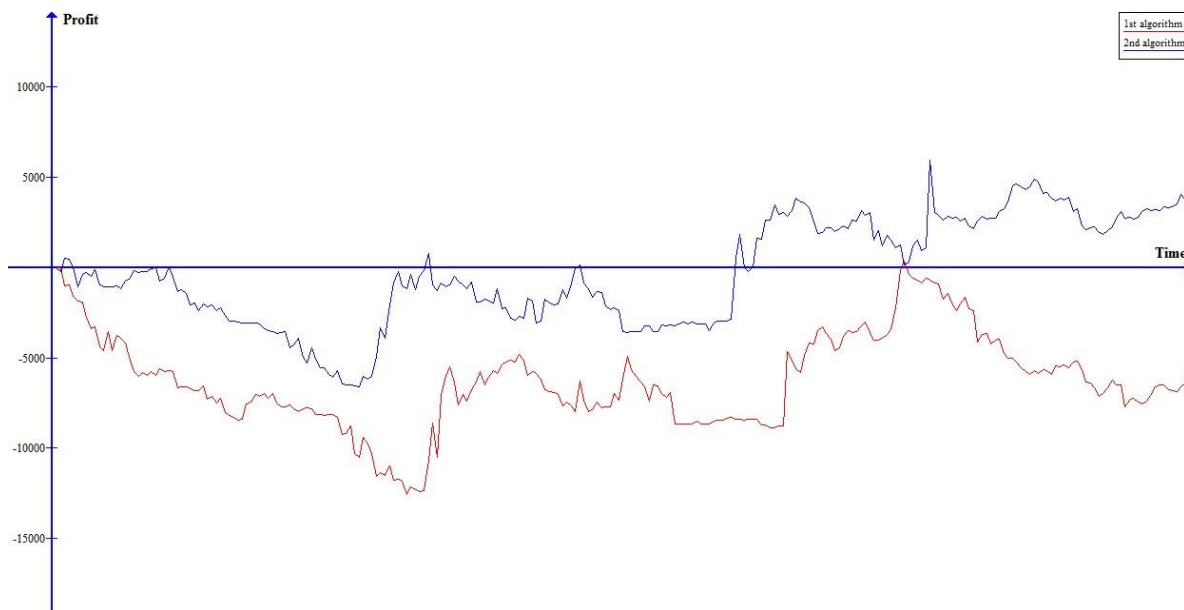


Рис.2.3 Алгоритмы без комиссии

В большинстве случаев принятие решения на основе согласия всех индикаторов снижает вероятность ошибки.

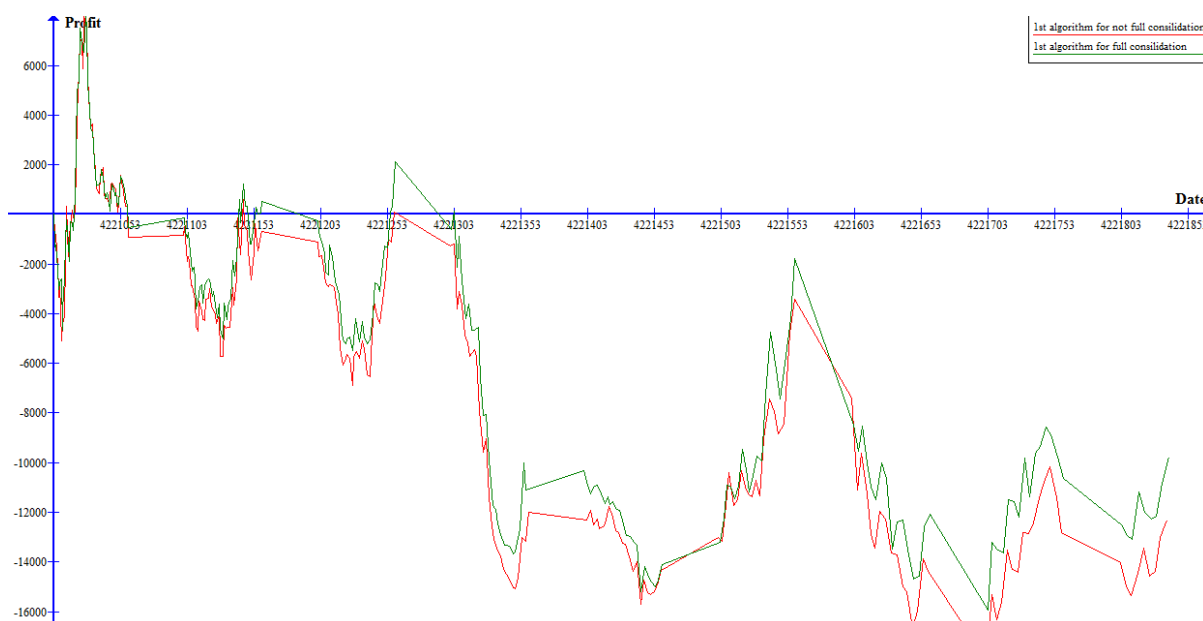


Рис.2.4 Второй алгоритм с полной консолидацией и частичной

Полученные алгоритмы рискованно применять для автономной торговли, однако, результаты комбинации индикаторов гораздо эффективнее принятия решения по сигналам, полученным для индикаторов в отдельности. Индикаторы тренда показали себя результативнее осцилляторов и индикаторов объёма, но каждый алгоритм, основанный только на одном из индикаторов двух выборов, показал отрицательный результат, как для платных транзакций, так и для транзакций с нулевой стоимостью. Этот результат связан с большим количеством ложных сигналов подаваемых отдельными индикаторами. В то же время индикаторы тренда рассчитываются для более длительных периодов и более самостоятельны.

На графиках ниже представлены недельные результаты работ алгоритмов, для индикаторов объёма решение о направлении тенденции, при увеличении объёма, определяется по знаку дискретной производной цены за тот же период, за который вычисляется значение дискретной производной индикатора объёма. Стоимость транзакции равна 0.015%.

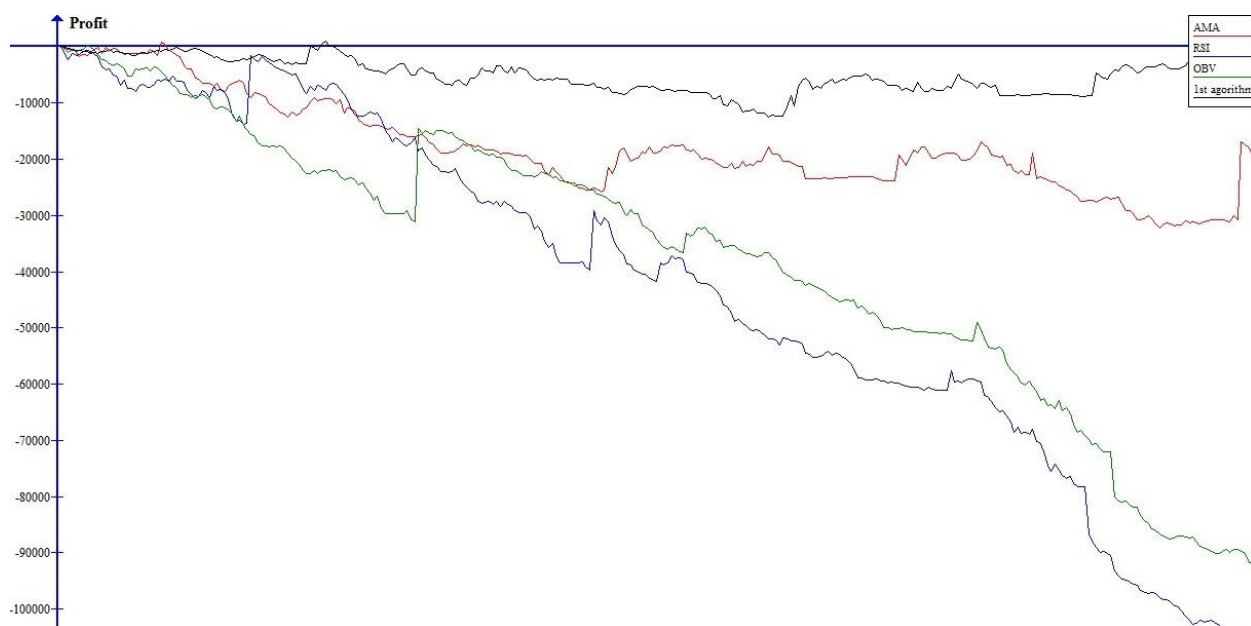


Рис.2.5 Индикаторы первого алгоритма

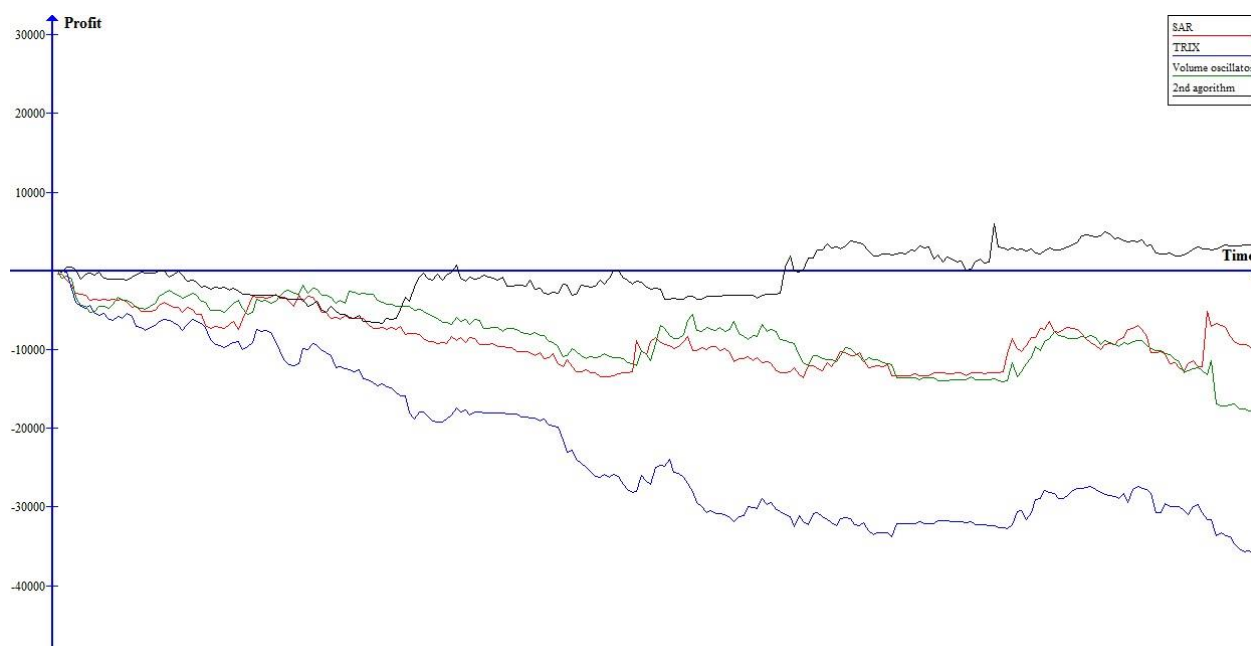


Рис.2.6 Индикаторы второго алгоритма

2.3. Модификации торговых алгоритмов для учёта эффектов вызванных торговлей на онлайн платформе и различных случаев поведения изменения стоимости ценных бумаг

Для сокращения рисков используется диверсификация инвестиционного портфеля. Диверсификация инвестиционного предмета – метод, при котором капитал вкладывается в различные ценные бумаги, что сокращает риск убытка. Таким образом, установлено ограничение: для каждой ценной бумаги, возможно, вложить только треть от общих средств.

Временной период в 5 минут эффективен для краткосрочной торговли, для большего времени торговли и рынков с устойчивыми трендами могут быть более эффективны большие временные периоды. Увеличение периода, для которого рассчитывается дискретная производная, позволяет снизить риск, но при этом уменьшает потенциальную прибыль, игнорируя небольшие скачки цен.

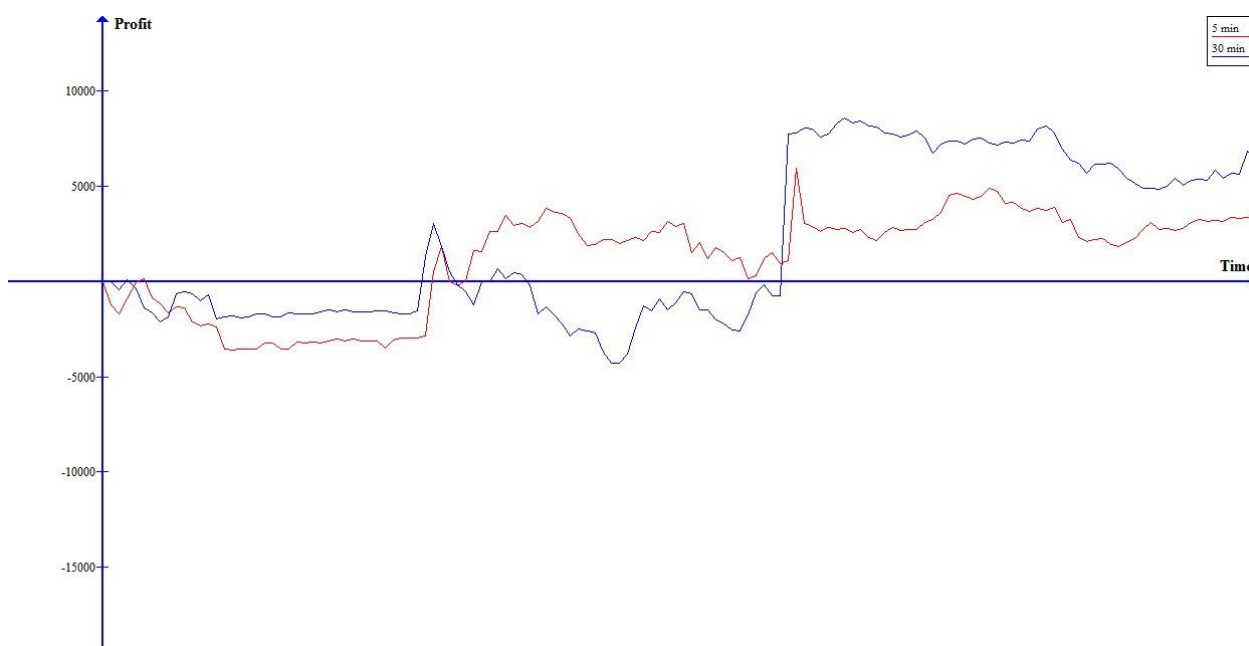


Рис.2.5 Второй алгоритм с периодами в 5 и 30 минут

При старте торгов возможен скачок цен. Индикаторы не способны отследить такие скачки, так как информация о них относится к фундаментальному анализу и не может быть обнаружена по графику. Однако индикаторы реагируют на изменение цен как на обычное монотонное движение цен и подают ошибочный сигнал о тенденции. Для избегания таких случаев, алгоритмы игнорируют сильные изменения цен в начале торгового дня.

Возможен случай нисходящего тренда в момент, когда вложения в данную ценную бумагу отсутствуют. В этом случае возможен заём ценных бумаг и соответственно их продажа. Для займа установлено ограничение в половину незадействованных на данный момент средств. При точке перелома на восходящий тренд покупается количество ценных бумаг в размере долга, затем алгоритм продолжает работать в стандартном режиме. Процент на заём ценных бумаг назначается с начала каждого следующего дня, поэтому в

последний час торгов заём не производится, а выкуп ценных бумаг осуществляется не только при росте, но и при колебании.

Заключение

В результате исследования были получены два торговых алгоритма. Первый основан на адаптивной скользящей средней, второй на индикаторе создающем линии поддержки и сопротивления «Stop and reverse». Второй алгоритм показал себя эффективнее, имея большую прибыль и меньшие риски. Первый алгоритм, в то же время способен определять большее количество предполагаемых точек перелома тенденции.

Результаты работы алгоритмов зависят от стабильности рынка и сильно восприимчивы к стоимости транзакции. Регулирование периода, для которого вычисляются значения дискретных производных способно улучшить работу алгоритма, на заданном рынке.

Автономное использование торговых алгоритмов основанных на модели вычисления сигналов индикаторов с помощью дискретной производной рискованно в реальной торговой деятельности на платформе QUIK, в связи с большим количеством ложных сигналов. Данные торговые алгоритмы, возможно, применять как экспертную систему, позволяющие трейдеру определять точки, для входа или выхода в торговлю ценной бумагой.

Список литературы

1. QUIK home page, URL: <https://arqatech.com/en/products/quik/>
2. John J. Murphy Technical Analysis of the Financial Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications New York Institute of Finance, January, 1999, p. 485.
3. Nuti, G., Mirghaemi, M., Treleaven, P., and Yingsaeree, C., Algorithmic Trading, IEEE COMPUTER, Volume: 44 Issue: 11, November, 2011, pp. 61 – 69.
4. Indicators of technical analysis, URL: <https://www.avatrade.ru/education/trading-for-beginners/indikator-tehnicheskogo-analiza>
5. M. A. H. Dempster, Tom W. Payne, Yazann Romahi, G. W. P. Thompson, Computational Learning Techniques for Intraday FX Trading Using Popular Technical Indicators, Ieee transactions on neural networks, VOL. 12, NO. 4, July 2001.
6. Granville, Joseph E. Granville's New Key to Stock Market Profits. Pickle Partners Publishing, 2018, pp. 159-257.
7. I.S. Bobrovskaya, M.A. Nikolaeva, Analysis of tools for forming trading strategies, Information Technologies for Intelligent Decision Making Support, 2018, pp. 204-210.
8. J. Welles Wilder, Jr., New Concepts in Technical Trading Systems, Trend Research. P.O. BOX 450. Greensboro, 1978, p.130.
9. A.F. Zubova, O.A. Malafeyev, Mathematical and computer modeling of social economic systems with many agent interaction /SPB.: SPBU, 2006, p. 1006.
10. Michal Galas, Dan Brown and Philip Treleaven, "A Computational Social Science Environment for Financial/Economic Experiments", Computer, 20 January 2011, pp. 61 – 69.
11. Mohammad Sadoghi, Martin Labrecque, Harsh Singh, Warren Shum, Hans-Arno Jacobsen, Efficient event processing through reconfigurable hardware for algorithmic trading, Proceedings of the VLDB Endowment, Volume 3 Issue 1-2, September, 2010, pp. 1525-1528.

Приложение

Динамика цен и объёма сделок для выбранных ценных бумаг, за периоды, представленные в примерах работы алгоритмов:

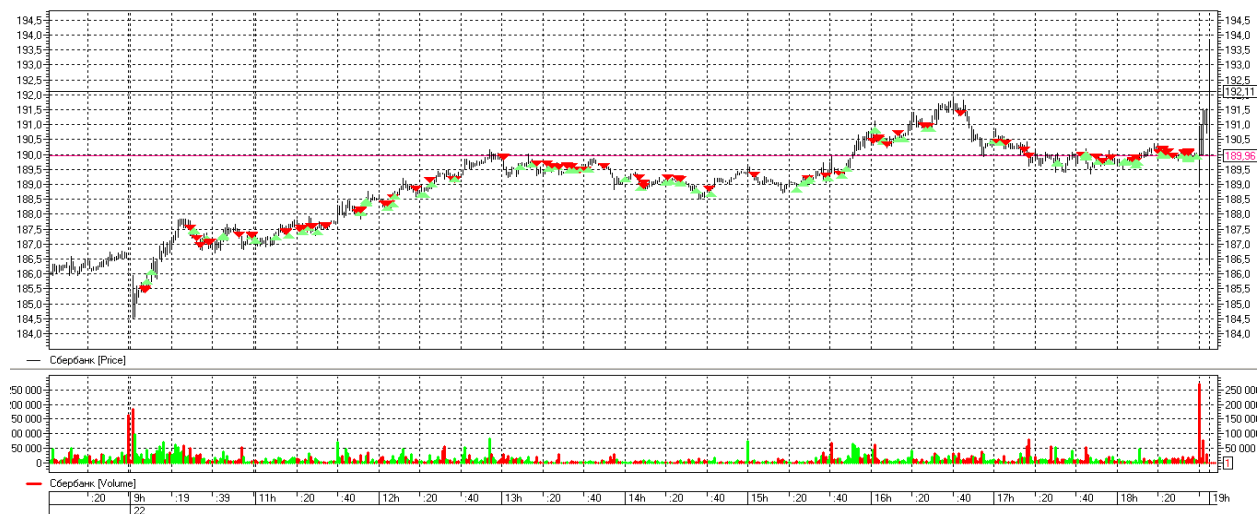


Рис.1 Сбербанк 22.04.2020

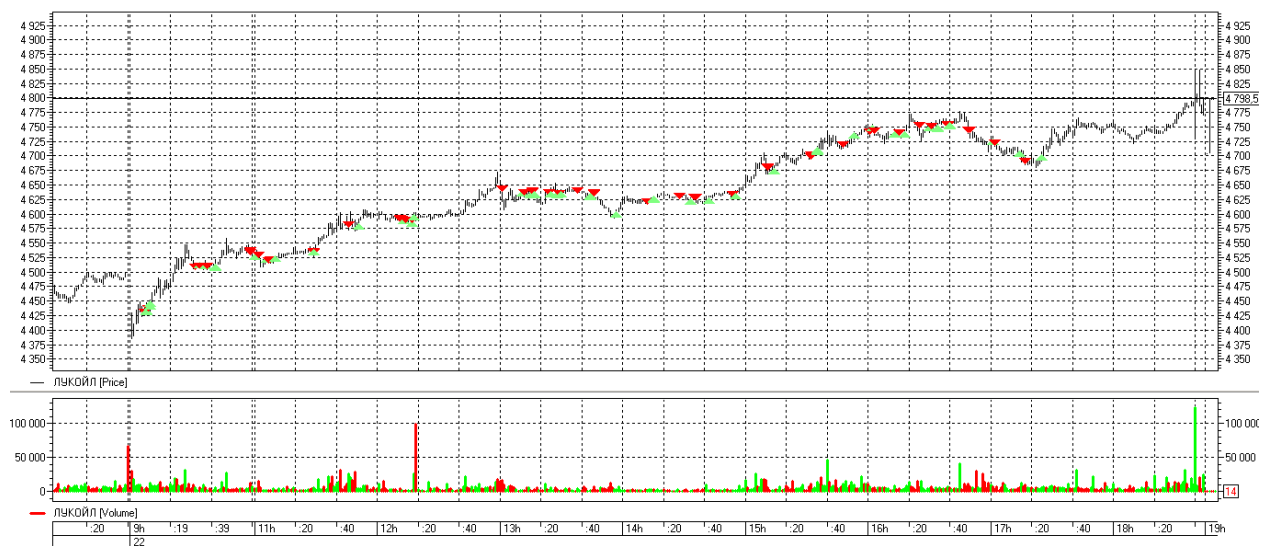


Рис.2 Лукойл 22.04.2020

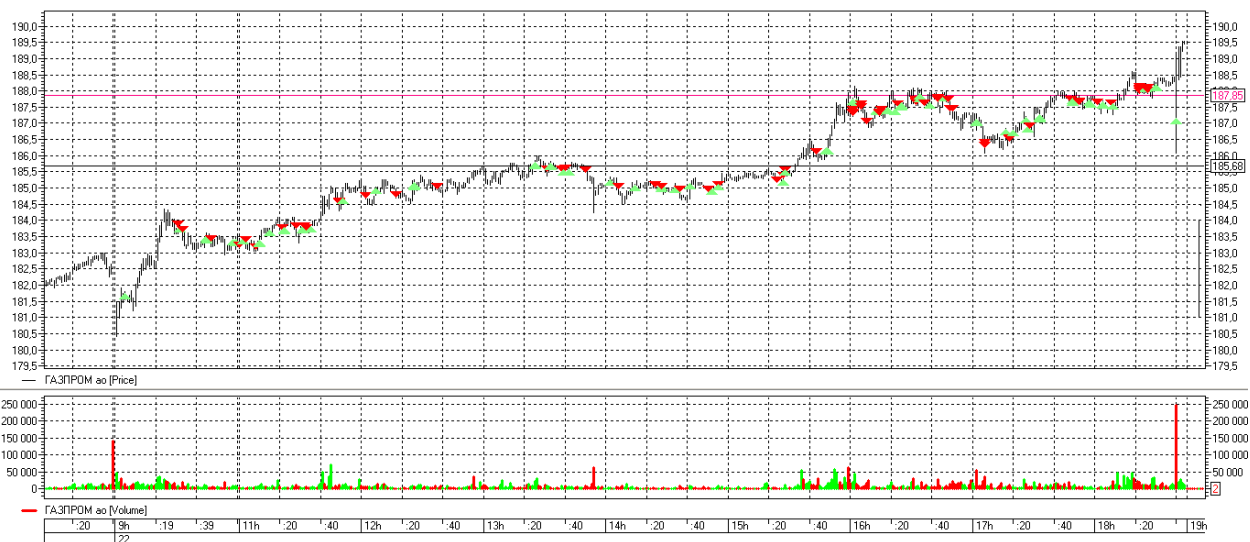


Рис.3 Газпром 22.04.2020



Рис.4 Сбербанк 15.01.2020 - 15.04.2020 (16 недель)

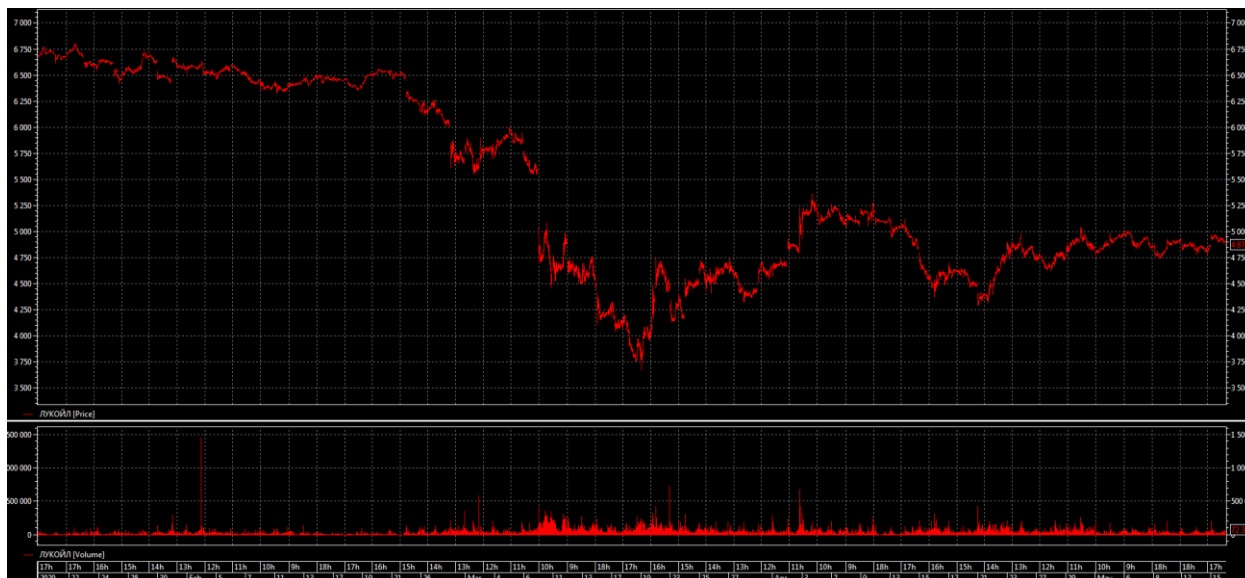


Рис.5 Лукойл 15.01.2020 - 15.04.2020 (16 недель)

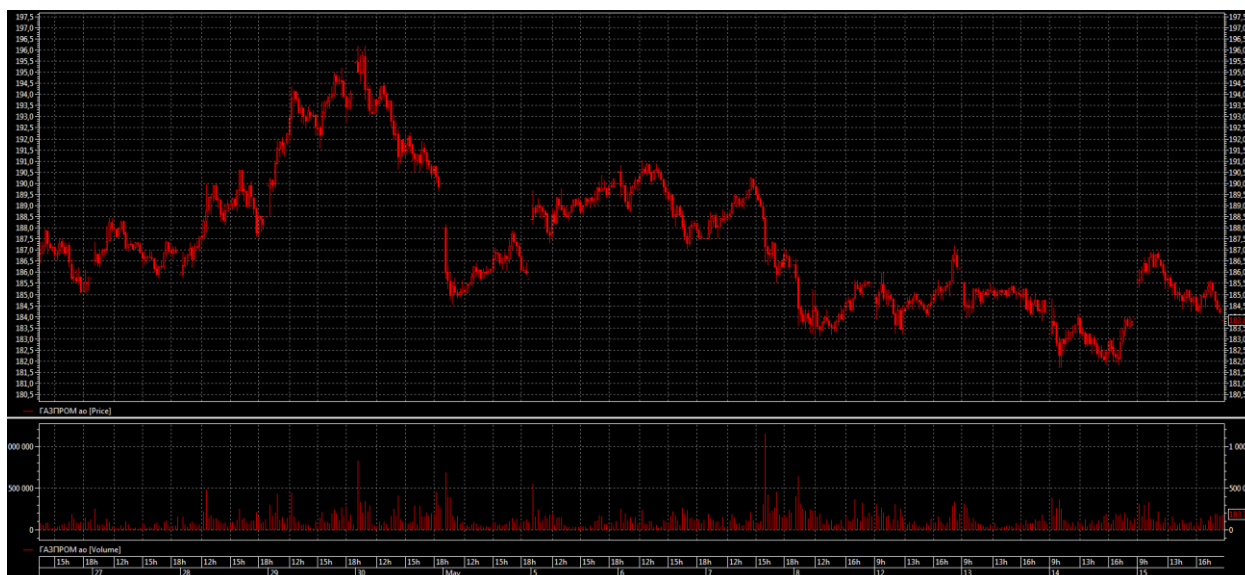


Рис.6 Газпром 15.01.2020 - 15.04.2020 (16 недель)

Фрагмент кода приложения, в котором принимается решение о наличии точки перелома в заданный период:

```
function analysis(numIndicators, numSecurities, duration)
```

```
    local test_ds = { };
```

```
    local legends = { };
```

```
    local numCandles = { };
```

```
    local tables = { };
```

```

local err = false;

local numIncreasingInd = { };

local resume = { };

for i = 1, numSecurities, 1 do

    if tag_SEC[SEC_CODE_FUT_FOR_OPEN[tr[i]]] == "TATN" then class =
"TQBR"; end; --tatneft

    if tag_SEC[SEC_CODE_FUT_FOR_OPEN[tr[i]]] == "SBER" then class =
"TQBR"; end; --sberbank

    if tag_SEC[SEC_CODE_FUT_FOR_OPEN[tr[i]]] == "LKOH" then class =
"TQBR"; end;

    test_ds[i], Error = CreateDataSource(class,
tag_SEC[SEC_CODE_FUT_FOR_OPEN[tr[i]]], INTERVAL_M15);

    --while (Error == "" or Error == nil) and (test_ds[i]:Size() == 0) do sleep(1) end;

    if ((Error ~= "") and (Error ~= nil)) or (test_ds[i]:Size() == 0) then

        message("error for data of dataset №"..i);

        ToLog ("error for data of dataset №"..tostring(i));

        err = true;

        sleep(1000)

        break;

    end;

    currentTime =
tostring(test_ds[i]:T(timePoint).month).."..tostring(test_ds[i]:T(timePoint).day)..
"..tostring(test_ds[i]:T(timePoint).hour)..":"..tostring(test_ds[i]:T(timePoint).min);

    legends[i] = { };

    numCandles[i] = { };

    tables[i] = { };

    speedInd[i] = { };

    numIncreasingInd[i] = 0;

    for j = 1, numIndicators, 1 do

        volumeInd = 0;

```

```

first_candle =
getNumCandles(tag_IND[SEC_CODE_IND_FOR_OPEN[tr[j]]].."_"..tag_SEC[SEC_CODE_FUT_FOR_OPEN[tr[i]]]) - duration;

tables[i][j], numCandles[i][j], legends[i][j] = getCandlesByIndex
(tag_IND[SEC_CODE_IND_FOR_OPEN[tr[j]]].."_"..tag_SEC[SEC_CODE_FUT_FOR_OPEN[tr[i]]], 0, timePoint, duration);

candlecandlesNotEq = false;

speedInd[i][j] = (tables[i][j][duration - 1].low - tables[i][j][0].low) /
numCandles[i][j]; --numCandles[i][j] - 1

speedInd[i][j] = (speedInd[i][j] / math.abs(tables[i][j][0].low)) * 100;

speedInd[i][j] = speedInd[i][j] - speedInd[i][j] % 0.00001;

if (tag_IND[SEC_CODE_IND_FOR_OPEN[tr[j]]] == "Volume") or
(tag_IND[SEC_CODE_IND_FOR_OPEN[tr[j]]] == "Chaikin") or
(tag_IND[SEC_CODE_IND_FOR_OPEN[tr[j]]] == "VolOsc") then

    if speedInd[i][j] > 0 then volumeInd = 1;

    elseif speedInd[i][j] < 0 then volumeInd = -1;

end;

else

    if (tag_IND[SEC_CODE_IND_FOR_OPEN[tr[j]]] == "SAR") then

        table, numCandle, legend = getCandlesByIndex
("Price".."_"..tag_SEC[SEC_CODE_FUT_FOR_OPEN[tr[i]]], 0, timePoint, 1);

        price[i] = table[0].close;

        if (((speedInd[i][j] < 0) and (tables[i][j][duration - 1].close < price[i])) or
(tables[i][j][duration - 1].close > price[i]) and (speedInd[i][j] > 0)) then

            speedInd[i][j] = speedInd[i][j] * -1;

        end;

    end;

    if speedInd[i][j] > 0 then

```

```

        numIncreasingInd[i] = numIncreasingInd[i] + 1;
    end;
    if speedInd[i][j] < 0 then
        numIncreasingInd[i] = numIncreasingInd[i]- 1;
    end;
end;
end;
end

    if numIncreasingInd[i] + volumeInd >= numIndicators then resume[i] =
"increasing";

        elseif numIncreasingInd[i] - volumeInd <= -(numIndicators) then resume[i] =
"decreasing" ;

            else resume[i] = "oscillating";
        end;
    end;
end;

--message('Analysis report: numIncreasingInd = '..numIncreasingInd..' speed1 =
'..speedInd[1]..' speed2 = '..speedInd[2]..' speedVolume = '..speedInd[3]);

if err == false then

    info2(speedInd);

end;

return resume;

end

```